

実験トランジスタ・アンプ設計講座

黒田 徹

●実用技術編

第10章 回路シミュレータ SPICE 入門 (21)

真空管オペアンプ K2-W で ドライブした EL 34 シングル・ パワー・アンプ

オペアンプで出力管をドライブすると、シンプルな回路にできます。一般的な IC オペアンプは最大出力電圧が $\pm 13\text{ V}$ 程度なのでドライブできる出力管は限定されますが、真空管オペアンプ K2-W は最大出力電圧が $\pm 50\text{ V}$ 程度あるため、ほとんどの出力管をドライブできます。

今回シミュレーションする回路を第1図に示します。EL 34 のカソード電流を安定化するため、EL 34 のカソードからオペアンプの反転入力に DC 負帰還をかけています。

Koren 氏のモデルを用いた EL 34 プレート特性のシミュレーション結果を第2図に示します。

プレート電圧 (V)	250	300
スクリーン電圧 (V)	250	300
カソード抵抗 (Ω)	106	190
負荷抵抗 ($\text{k}\Omega$)	2	3.5
プレート電流 (mA)	100	83
スクリーン電流 (mA)	15	13
入力電圧 (Vrms)	8.0	8.2
出力 (W)	11	11
全調波ひずみ率 (%)	10	10

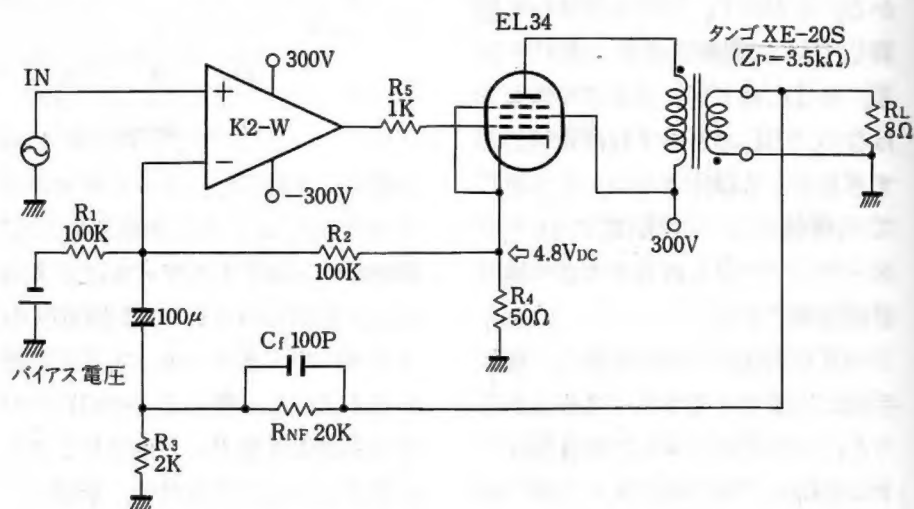
〈第1表〉 EL 34 の A 級シングル動作例

データ・シート⁽¹⁾によれば EL 34 シングル・パワー・アンプは $R_L = 3.5\text{ k}\Omega$ 、 $E_{bb} = 300\text{ V}$ で 11 W の出力が得られます(第1表)。実際には

出力トランスの損失やカソード抵抗(第1図の R_k)の損失があるので、最大出力は 10 W ぐらいでしょう。

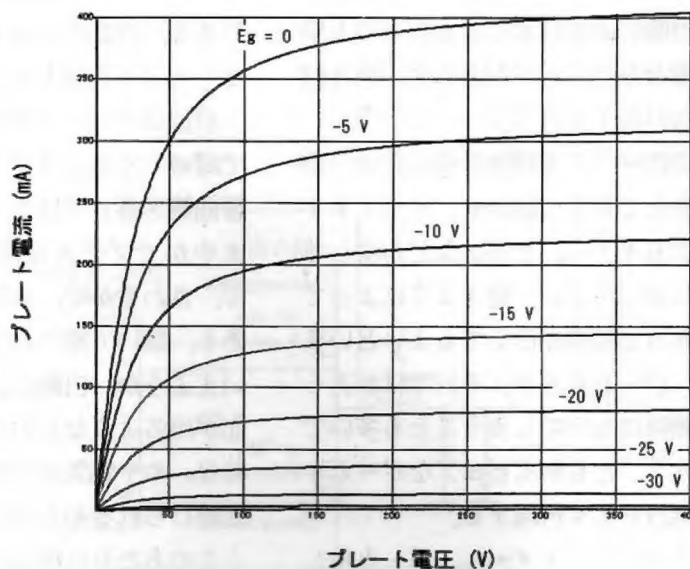
回路図ファイルの作成

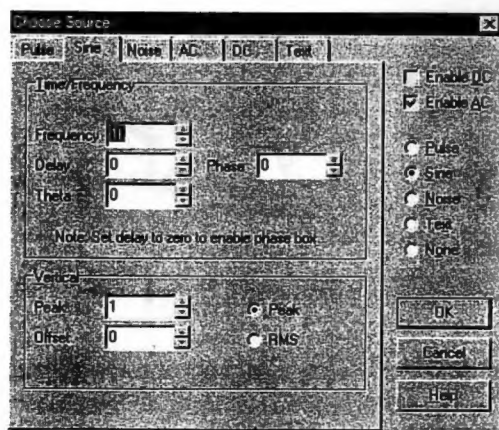
第1図の回路を SIMetrix で作成しましょう。出力トランス/タンゴ



▲〈第1図〉
K2-W 真空管オペアンプを使った EL 34 シングル・アンプの回路

〈第2図〉
Ec = 300 V の EL 34 の E_b - I_b 特性 Koren のモデルによるシミュレーション





〈第8図〉 V2の属性をこのように設定する

れます。その内容は2004年3月号p.145第3図の設定内容とまったく同じです。つまり、回路をコピーすると、コンポーネントの属性も自動的にコピーされるのです。

(2) 回路図を完成させる

第5図のEL34は3結ですが、本来の5極管接続にしてください。スクリーン・グリッド電圧は300Vにします。オペアンプK2-Wは、2004年7月号でサブサーキットを作成してライブラリに登録済みですから、回路図ウィンドウのメニューから[Place]→[From Model Library...]をクリックしてください。あるいはCtrlキーを押しながらGキーを押してください。

第7図のダイアログボックスが開きます。左のリストから[Opamps]を選択し、右のリストからK2-Wを選択してください。

ポテンショ・メータVR1はメ

ニューの[Place]→[Passives]→[Potentiometer]をクリックし貼り付けます。

① K2-Wの反転入力DC電圧

② K2-Wの出力DC電圧

③ EL34のカソードDC電圧をシミュレーションするため、バイアス・マーカーを配置します。バ

イアス・マーカーはメニューの[Place]→[Bias Annotation]→[Place Marker]

をクリックして呼び出します。

入力電圧V2の属性は、片ピーク振幅=1V、周波数=1kHzの正弦波に設定し、またEnable ACをチェックしてください(第8図)。その他のコンポーネントを配置し、第9図の回路図に仕上げてください。

シミュレーション

(1) 動作点の電圧

バイアス・マーカーをつけたポイントのDC電圧をシミュレーションしましょう。回路図ウィンドウのメニューから[Simulator]→[Choose Analysis...]をクリックし、開いたダイアログボックスを第10図のように編集して

ください。解析の種類は[Transient]を指定します。そしてダイアログボックスの[Run]ボタンをクリックしてください。回路図に動作点のDC電圧が表示されます(第11図)。

K2-Wの反転入力

= -1.76356 V

K2-Wの出力端子

= -13.4638 V

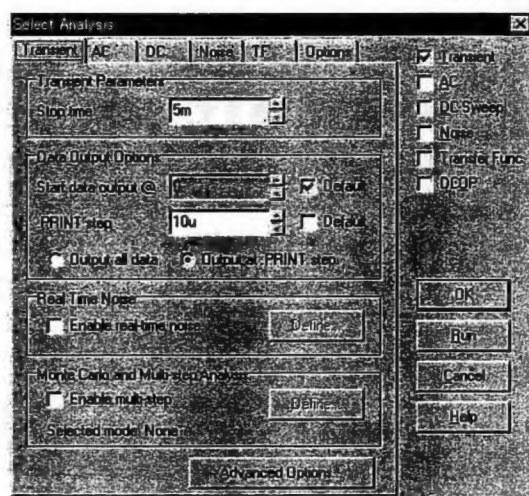
EL34カソード端子

= 4.86043 V

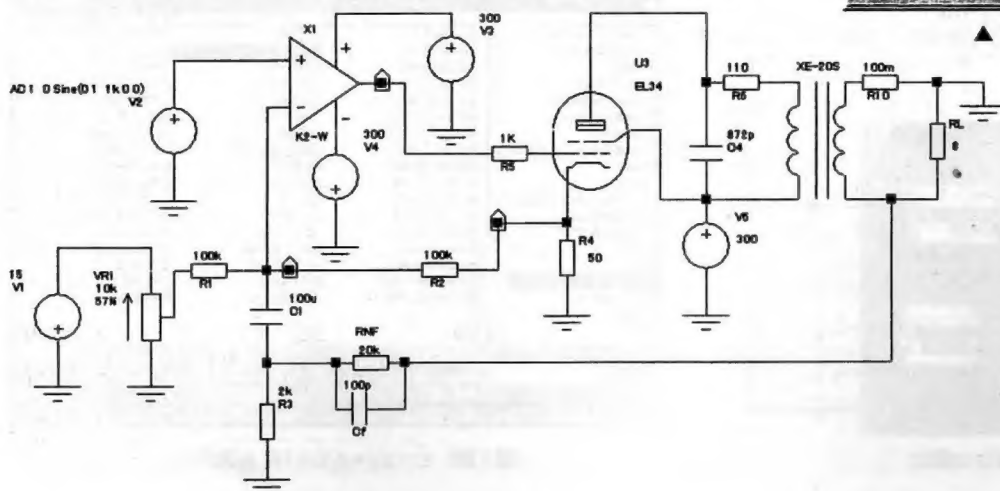
となっています。

オペアンプの反転入力電圧はK2-Wの入力オフセット電圧に等しくなります。もし入力オフセット電圧がゼロならば、第1図のバイアスを-4.8Vに設定すればよいのですが、入力オフセット電圧がこのように大きいので、第1図のバイアス電圧Vbiasは、

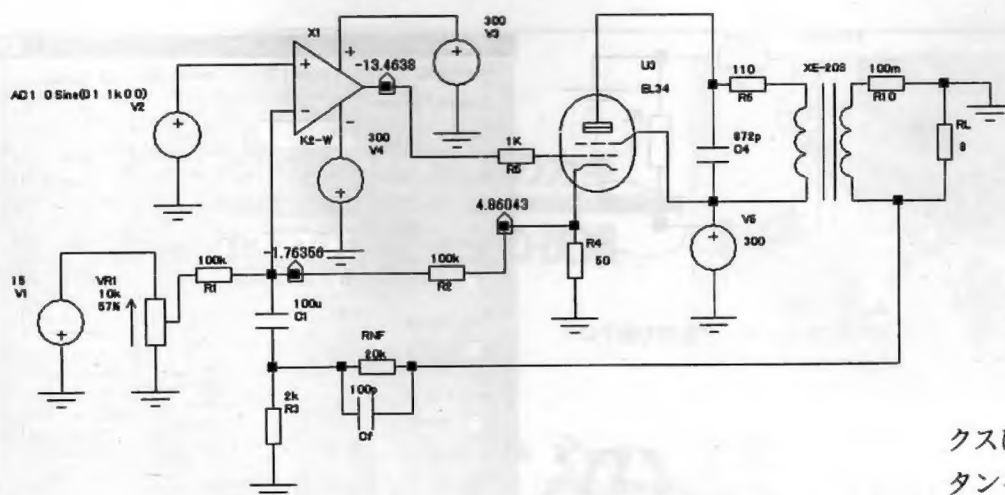
$-15 \times 0.57 = -8.55$ [V]



▲〈第10図〉 過渡解析の設定



◀〈第9図〉
シミュレーション回路。
バイアス・マーカーを3
コ配置する



〈第11図〉 バイアス・マーカーの先に動作点の DC 電圧が表示される

としなければなりません。話が前後しますが、ポテンシオメータ VR1 の設定は、VR1 のシンボルをクリックし、F7 キーを押して現れたダイアログボックスを第12図のように編集します。

(2) 周波数特性のシミュレーション

回路図ウィンドウのメニューから [Place]→[Bias Annotation]→[Delete Markers] をクリックし、バイアス・マーカーを削除してください。AC 解析で周波数特性をシミュレーションしましょう。メニューから [Simulator]→[Choose Analysis...] をクリックし、現れたダイアログボックスを第13図のように編集します。すなわち、

Start frequency: 1

Stop frequency: 1 Meg

Points per Decade: 25

無帰還時 (第9図の $R_{NF} = \infty$) と帰還時 ($R_{NF} = 20 \text{ k}\Omega$) の周波数特性曲線を表示させるため、マルチステップ解析を行います。第13図のように、Enable multi-step をチェックし、[Define...] ボタンをクリックしてください。そして現れたダイアログボックスを第14図のように編集します。すなわち、

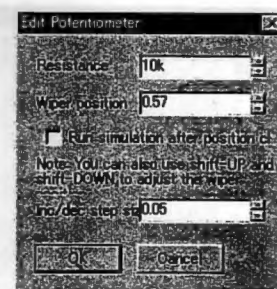
Sweep mode: Device

Device name: RNF

Step Parameter: List

そして [Define List...] ボタンをクリックし、[Define List] ダイアログボックスが現れたら第15図のように編集します。

具体的にいうと、まず入力ボックスに 20 k と書き込んで [Add] ボタンをクリックし、それから入力ボッ



〈第12図〉 VR1 の設定

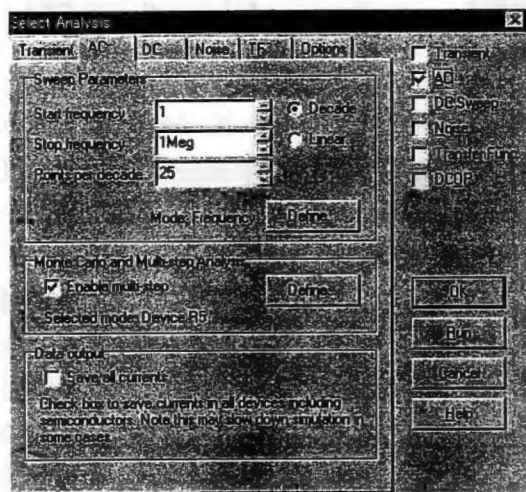
クスに 1 G と書き込んで [Add] ボタンをクリックすると、第15図の設定になります。[OK] ボタンをクリックして第14図のダイアログボックスに戻り、その [OK] ボタンをクリックしてください。第13図のダイアログボックスに戻るので、その [OK] ボタンをクリックしてください。

つぎに dB 表示電圧プローブを回路図に配置します。メニューから [Probe AC/Noise]→[Fixed dB Probe] をクリックし、プローブを第16図の位置に配置します。

F9 キーを押して、Run してください。第17図の周波数特性が得られます。

(3) 過渡解析

ひずみ率特性をシミュレーションしましょう。フーリエ解析を利用しますが、そのためにはまず過渡解析をしなければなりません。第16図の“dB 表示電圧プローブ”を除去し、その位置に“電圧プローブ”を配置してください。“電圧プローブ”はメニューの [Probe]→[Place



◀ 〈第13図〉
AC 解析の設定

◀ 〈第14図〉▶
Define Multi Step Analysis
ダイアログボックス
の設定

